

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-256647

(43)Date of publication of application : 25.09.1998

(51)Int.Cl.

H01S 3/18

(21)Application number : 09-058086

(71)Applicant : FUJI ELECTRIC CO LTD

(22)Date of filing : 12.03.1997

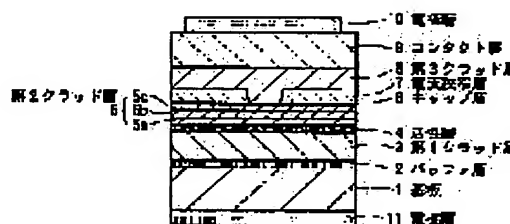
(72)Inventor : SASAKI MITSUO

(54) SEMICONDUCTOR LASER ELEMENT AND FABRICATION THEREOF

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a semiconductor laser element excellent in current-optical output characteristics and voltage-current characteristics and having low coherence, and a high yield fabrication method thereof.

SOLUTION: A first conductivity type buffer layer 2 having composition of $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$, a first conductivity type clad layer 3 having composition of $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$, an active layer 4 having composition of $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{As}$, a second conductivity type second clad layer 5 having composition of $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$, a second conductivity type GaAs cap layer 6, a first conductivity type current constriction layer 7 divided into two regions, a second conductivity type third clad layer 8 having composition of $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$, and a second conductivity type GaAs contact layer 9 are formed sequentially on a first conductivity type GaAs substrate 1 thus constituting an AlGaAs based semiconductor laser element. The p-conductivity type clad layer 5 out of first and second clad layers comprises a plurality of inner layers 5a, 5b, 5c doped with different dopant and the diffusion coefficient of dopant in respective inner layers increases sequentially as receding from the active layer.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

特雷平10-256647

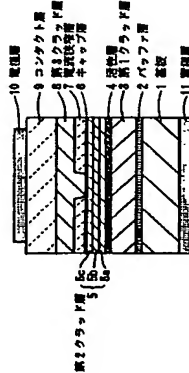
(43)公開日 平成10年(1998)9月25日

(51) 品名 H01S 3/18	識別記号 H01S 3/18	FI	審定請求 未請求 請求項の数 8 OL (全 10 頁)
(21) 出願番号 特願平9-59066	(71) 出願人 富士電機株式会社 神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号 佐々木 光夫	00005234	
(22) 出願日 平成9年(1997)3月12日	(72) 発明者 神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号 富士電機株式会社内 井理士 篠部 正治		

(54) 【発明の名称】 半導体レーザ素子およびその製造方法

(57) [原构]

【課題】電流—光出力特性および電圧—電流特性が優れ、また可干渉性の小さい半導体レーザ素子およびその製造方法を提供する。

[illegible]

成長様式である。先ず、 n 型GaAs基板1 (Siドープ、キャリア濃度 $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 、厚さ $300 \mu\text{m}$) 上に、有機金属化合物(成長以下、MOCVDと記す)によりパッドフア膜2 (GaAs、厚さ $0.2 \mu\text{m}$)、第1ラッド層3 (p型Al_{0.1}Ga_{0.9}As、厚さ $1 \mu\text{m}$)、活性層4 (n型Al_{0.1}Ga_{0.9}As、厚さ $0.1 \mu\text{m}$)、第2ラッド層5 (p型Al_{0.1}Ga_{0.9}As、厚さ $0.3 \mu\text{m}$)、Zn_{0.1}Cd_{0.9}キャップ層6 (p型Al_{0.1}Ga_{0.9}As、厚さ $1 \times 10^{-4} \text{ cm}^{-3}$ 、厚さ $0.01 \mu\text{m}$)を順次成長させる。

【0005】なお、このGaAsキャップ層6は、以降の酸化形成工程とそのパターニング工程が連続的AlGaIn層7で適用されると高抵抗の酸化膜が生成されるので、これを用いられると高抵抗の酸化膜が生成されるので、これを防止するために設けられる。次に、このウェハ上に酸化GaIn層をスパッタに於て形成し、フォトリソストを施すことでパターニングを行いキャップ層6の上に層5を形成してパターニングマスクを形成する(図18)。

【0066】次に、再度MOCVDにより電流発振層8 (n型GaAs, キャリア濃度 $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 、厚さ0.3 μm) を成長させる。この時、選択成長が起ること酸化ケイ素(マスク7) 上にはGaAs膜は成長し出し(図18 (b))。そして、MOCVD装置から取り出し(マスク7) を除去したのちに、第3クラッド層9 (p型Al_{0.5}Ga_{0.5}As, キャリア濃度 $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 、厚さ0.8 μm) およびコンタクト層10 (p型GaAs, キャリア濃度 $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 、厚さ5.0 μm) を成長する。最後に、ウェハ上下のp側電阻層11、n側電阻層12を形成する。この状態を図18(c)に示す。

【0007】上記の製造工程の後、ウェハを（図18の紙面に平行に）へき開しバーとし、さらにこのバーをスクライプして、個別のレーザ素子は得られる。

【0008】
 【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、以上の
 よういって製造されるLED素子では以下のような問題点
 がある。これらのエレクトロキミカル成長法に、第1クラッド
 ド層からドープメントであるSeが拡散し、第2クラッド層
 5からSnがそれぞれ拡散し活性層で蓄積する、すなわ
 ち、活性層4内にドープメントがバイラル化する。その
 ため、活性層内でのp-n接合が不良あるいは、接合位
 置が活性層からずれる(リモットジャンクション)こと
 により、発光効率が悪くなり大きな動作電圧が必要とな
 る。極端な場合には「リーク」発現をしないこともある。
 【0009】 また、第1クラッド層と第2クラッド層よ
 り活性層の屈折率を数%高くしてあるために、屈折率の
 高い活性層に光波を閉じ込めることができるが、クラッ
 ド層に活性層と光波はほぼラランズポイントギャップが大き
 いと吸収を受けずに伝播することができ、活性層と
 第1、第2クラッド層とのAl、Ga、In、As組成が少いとい
 う。

ことから屈折率差がいちいなくなると光波の閉じ込みが弱くなる。あるは、バンドキャッチャップ層が小さくなり電子、ホールがクラッド層での閉塞が弱くなり越えやすくなる。より、動作電流値が大きくなり、乗光効率が悪くなるなど種種の場合にはレーザ増強をしないなどの不良素子となる。

【0010】この本発明の目的は、 $p-n$ 接合が活性層中にあり、クラッド層から活性層への電流の広がり方が適正化されており、また活性層への光の閉じ込みが適正化されており、電流-光出力特性および電圧-電流特性が、また前者の履歴差の少ない、また $p-n$ 接合の小型化し、また素子の製造の少ない、またその歩留りの高い製造方法を提供することにある。

 $[0011]$

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するために、第1導電型のGaAs基板の一主面上に、第1導電型の $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ ($0 \leq x \leq 1$)の組成のバッファ層、第1導電型の $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ ($0 \leq x \leq 1$)組成の第1クラッド層、第2導電型の $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{As}$ ($0 \leq y \leq x \leq 1$)組成の活性層、第2導電型の $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{As}$ ($0 \leq y \leq x \leq 1$)組成の第2クラッド層、第3導電型の $\text{Al}_z\text{Ga}_{1-z}\text{As}$ 組成の第3クラッド層、第4導電型のGaAsのコンタクト層が順に積層されているAlGaAs系半導体レーザ素子において、前記第1または第2クラッド層のうち導電型がp型であるクラッド層はドーパント量異なる複数の内層からなり、前記活性層のドーパントの総濃度係数は前記活性層から遠ざかるに従って順に大きくつくっている。

【0012】前記ドーパントは前記活性性價から、C、Mg、Znのこの順のつづきの組み合わせであるとい、この組み合わせは、C-Mg、C-Zn、Mg-Zn、またはC-Mg-Znである。前記3項であるクラッドの厚さは0.3ないし0.45mmの範囲であり、かつ前記活性性價にするこのクラッド層の産品における前記差(Δx)は0.35ないし0.6の範囲である。組成。

[0013] 第1導電型のGaAs基板の、主面上に、第1導電型Al_xGa_{1-x}As ($0 \leq x \leq 1$) 組成のパツパ層、第1導電型のAl_xGa_{1-x}As ($0 \leq x \leq 1$) 組成の第1クラッド層、Al_yIn_{1-y}As ($0 \leq y \leq 1$) 組成の活性層、第2導電型のAl_xGa_{1-x}As組成分の第2クラッド層、第2導電型のGaAsのキャップ層、第1導電型でレーザ光軸と平行に2つの領域に分裂されている電流収束層、第2導電型のAl_xGa_{1-x}As組成分の第3クラッド層、第2導電型のGaAsのコネクタ層が順次積層されている。前記第1クラッド層の厚、もしくは、第1クラッド層と前記第1クラッド層の間に、もしくは、第1クラッド層内にレーザ光軸と平行に2つの領域に分裂されている電流収束層を形成することとする。

【0014】前記電流流束密度と前記第2の電流流束密度間の活性層に対して、線度対称形であるとき、前記電流流束密度に於いて、線度対称形はメサ構造であるとき、前記第2の電流流束密度は、線度対称形において、前記第2クラッド層の他の層はクラッド層のドーナツ状の層を V/III 比1.10ないし3.0の範囲で成膜し、前記第2クラッド層の他の層は V/III 比1.80ないし2.20の範囲で成膜するとき、

【0015】上記のストライプ部のメタ構造はエッチングストップ層、クラッド層およびキャップ層の積層工程、クラッド層上のストライプマスクの形成工程、次いでこのストライプマスクに被覆されていない部分のキャップ層およびクラッド層をエッチングストップ層まで除去する工程によって形成されると良い。

【0016】本発明によれば、p型のあるクラッド層をドープメントの異なる複数の内層に増着させ、各内層のドープメントの濃度変化は活性層より増着した、従って順に大きくなるようにしたため、以て成膜時の温度を超過しても、拡散係数の大きいドープメントは活性層までは拡散して来ない、また、拡散面は急峻である。従って、p-n接合は拡散係数の小さいドープメントによって静電的、障壁状に活性層内に形成され、動作電圧の低減、劣留りの向上が可能である。

【0017】適しているドーパントと拡散係数はそれぞれ、 C は $6.0 \times 10^{-15} \text{ cm}^2/\text{s}$ (900°C)、 Mg は $1.0 \times 10^{-13} \text{ cm}^2/\text{s}$ (900°C)、 Zn は $5.3 \times 10^{-8} \text{ cm}^2/\text{s}$ (900°C)であり、 C と Mg は Zn の内へ拡散してもよいので、 C または Mg を活性層の隣接層に用いることができる。また、第2クラッド層の厚さは、溝を穿ると活性層との粗所差が大きくなる(溝方向等価粗面平均差 $\pm 1.0 \times 10^{-1}$) シンガポード基板となり、可平性性は 1.0×10^{-1} より厚くする。トランプド基板に、可平性は小さくなるが、電流拡散層からの注入電流がクラッド層の溝方向へ拉がり発振開始値は、クラッド層の厚さは、これらの特性にいずれも満たされるように最適化されている(図6参照)また、半導体レーザの発振開始値は、高温度に大きく依存し、レーザ発振に寄与するキャリアは導帯中の深フェルミ準位近傍の電子である、高温になると励起されたキャリアの平均エネルギーが深フェルミ準位よりかなり上になり、このため大きく寄与するキャリアの割合が減少し発振開始値の温度依存性が小さく表される。発振開始電流(J_{th})の温度依存性が小さく表される。

【0018】
【数1】 $J_{\text{th}} \propto \exp(T/T_0)$
 T_0 は特性温度（素子に固有の定数）であり、この値が小さいほど J_{th} の温度依存性が大きくなる。本発明によれば、クラッド層A組成を最狭な範囲（図8参照）と

(4) 特開平10-2556647

し、また活性圈内にpH接合界面を形成しキャリアを効率的に注入することとしたので、注入キャリアのリークがなくて結晶欠陥の少ない膜を得ることができ、良好な特性のLED素子を得ることができる。

【0019】逆に川周温度を大きくしすぎると組成変化による熱膨張係数に発生し膜中に歪みが増え結晶欠陥の発生となり膜もホログラムの悪化となる。また、活性層とクラッド膜には注スキャリアの経じ込み効果をもたせ、活性層中に電流変容層を2段階造としたことにより、活性層中のスキャリアの広がりは2つ電流変容層により活性層の両側で変容されるので、電流変容層が1段の場合より狭められ、注入効率が増え、発振開始電圧が低下する。

【0020】さらに、鏡像化されたため、光閉じ領域中の光密度が一様となり、発振開始電圧の低下動作電流に対する微分効率が向上する。Cをドーパントとすると、本発明によるV/III比であれば、成長結晶の原料であるトリメチルガリウム(TMG)やトリエチルガリウム(TEG)等のトリメチル基またはトリエチル基に在中のCは膜中に取り込まれ、ドーピングされ、Asサイトに入り、アクセプタとなる。V/III比が200付近であれば、取り込まれる量は少なく、他にドーパされたドーパントの特性に従って導電型は定まる。

【0021】次に本発明を実施例に基づき説明する。

実施例1

図1は本発明に係る実施例の半導体レーザー素子の前面図である。第2クラッド層5は従来と同じ層構成であり、同じ符号を用いているので説明を省略する。本発明に係る第2クラッド層5は活性層6側から順に、Cドープした、Mgドープ層5bおよびnドープ層5cの層列とある。

【0022】以下、製造工程に沿って説明する。この実施例の半導体レーザ素子の製造方法は第2クラッド層部を除いて従来の製造工程に同じであるので、従来の製造プロセスの説明を用いた図18を兼用して符号の説明を略する。先ず、n型GaAs基板1（Siドープ、キャリア濃度 $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 、厚さ $300 \mu\text{m}$ ）上に、有機金気相成長（MOCVD）により、厚さ $0.2 \mu\text{m}$ のn型GaAsからなるバッファ層2、第1クラッド層3（n型 $\text{Al}_{0.5} \text{Ga}_{0.5} \text{As}$ キャリア濃度 $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 、厚さ $1 \mu\text{m}$ ）、活性層4（インドープ $\text{Al}_{0.1} \text{Ga}_{0.9} \text{As}$ 、厚さ $0.1 \mu\text{m}$ ）を積層する。

【0023】さらに、本発明に係る多層の第2クラッド層5を形成した。ドーパント以外は従来の第2クラッド層5と同様に、第2クラッド層5全体の組成はp型のAl_{0.9}S_{0.1}Gao_{0.8}As、キャリア濃度は $1 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ とした。第1内層5-1は四臭化炭素をドーピング用原料ガスとして用いた。Cドープの層であり、厚さは0.15μm、第2内層5-2はトリスジクロロベンゼンエチルマグネシウムをドーピング用原料ガスとして用いた。Mgドープの層であり、厚さは0.15μmである。

の層であり、厚さを0.15 μm 、第3内層5cはジェチル亜鉛をドーピング原料ガスとして用いた、Znドープ層であり、厚さを0.15 μm とした。なお、成長時のV/III比は2.00とした。

【0024】次にGaAsキャップ層6(p型GaAs、キャリア濃度 $1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ 、厚さ0.03 μm)を成膜した。なお、このGaAsキャップ層6は、以降の酸化成膜工程と後のパターニング工程が直接GaAs層に適用されるときに、このGaAsキャップ層6は、以降の酸化成膜工程と後のパターニング工程の生成成膜の際、これを防止するたに敷ける。次に、このウェハ上に厚さ0.04 μm の酸化ケイ素層をEBにより、次いで厚さ0.10 μm の酸化ケイ素層をスパッタにより成膜した。

【0025】通常のフォトリソプロセスパターンニングにより、幅3 μm のストライプ状のマスクを形成した(図18(a))に示す。EBにより成膜した二酸化ケイ素層はスパッタにより成膜した二酸化ケイ素層の20倍のエッチング速度をもつので、2重マスクとしておくと、次の電流拡散層の側面に層が生じない。または、厚さ0.1 μm 程度の1重のスパッタ膜でもストライプは可能である。

【0026】次に、マスク7は選択成長用マスクであり、減圧のMOCVDによりマスク部をのぞいて、電流拡散層8(n型GaAs、キャリア濃度 $1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ 、厚さ0.3 μm)を成膜した(図18(b))。次に、マスク7を除去し、厚さ1.1 μm の第3クラッド層9(p型Al_{0.5}Ga_{0.5}As、キャリア濃度 $5 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$)およびコンタクト層10(p型GaAs、キャリア濃度 $1 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$ 、厚さ5.0 μm)を成膜した。

【0027】最後に、ウェハ上下の両面電極11、n側電極12を形成した(図18(c))。上記の製造工程の後、ウェハをへき開し(図18の破線に平行に)バーとし、さらにこのバーをスクライプして、個別のLD素子のレーザ特性(先出力電流(I-L)特性および電圧-電流(V-I)特性)を評価し、従来のLD素子との比較を行った。図2はLD素子のレーザ特性を示すグラフであり、(a)は本発明に係るLD素子の場合であり、(b)は従来のLD素子の場合である。従来のLD素子では、発振開始電流が高く50mA以上あり、3 μm 出力時の動作電流(以降、動作は3 μm 出力時と注記を省略する)は65mA以上と高く極端な場合にはレーザ発振しない場合もあった。これに対し、本発明の素子では、発振開始電流は45mA程度となり動作電流は55mA前後と良好な特性であることが明らかとなった。

【0028】また、第1導電型のクラッド層と活性層および第2導電型のクラッド層の側面の減圧方向(図に垂直方向)への二次イオン質量分析(SIMS)を行い、不純物分布を調べた。図3は第1導電型のクラッド層、活性層および第2導電型のクラッド層における不純物分布を示すグラフであり、(a)本発明に係るLD素

従来の同様の層構成の第2クラッド層を有するLD素子において、パツファ層と第1クラッド層の間に第2の電流拡散層を設けることにより、活性層へのキャリアの注入効率を改善することができ、

【0032】図10は本発明に係る第2の電流拡散層を有するLD素子の第2の電流拡散層付近の断面図である。第2の電流拡散層の厚さは7 μa である。第2の電流拡散層7aのパツファ層および第1クラッド層3との位置関係および製造工程は、従来の電流拡散層7の第2クラッド層5および第3クラッド層8との位置関係と製造工程の両方に同じである。

【0033】第1クラッド層のキャリア濃度を2.0 $\times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ 以下とした他は、実施例1のLD素子と同じである。活性層4が2つの電流拡散層に挟まれることにより、電流の広がりが従来よりも制限され、活性層を流れる電流密度が高くなり、すなわちキャリアの注入効率が改善されて、電流-光出力特性は向上し、実施例1より優れた特性を得ることができた。図11は本発明に係る第2の電流拡散層を有するLD素子のレーザ特性のグラフである。発振開始電流は35mA以下、動作電流は45mA以下であり、また、発光効率は従来のLD素子より約30%程度高く、電圧-電流特性では動作電圧(V₀)も2.0V以下と良好であった。

実施例6

図12は本発明に係る2つの電流拡散層が活性層に対して対称であるLD素子の断面図である。第2の電流拡散層7aを第1クラッド層下層3aと第1クラッド層上層3bの間に置いて、第1の電流拡散層7と活性層に対して対称(等距離)の位置関係にあるようにした。さらに、形状が対称となるため、第1の電流拡散層7に挟まれるストライプ部をメサ構造とし、ストライプ部の側面は従来の逆勾配となっている。

【0034】図13は本発明に係るメサ構造を得るための製造工程を示す断面図であり、(a)はストライプ状のメサ形成後、(b)はメサエッチング後、(c)は第3クラッド層成膜後である。メサ構造M_sを形成するためのメサエッチングは第2クラッド層下層5a(厚さ400nm)の表面を行なうため、第2クラッド層下層5aの上層にエッチングストロップ層5s(厚さ50nm)を成膜し、さらに第2クラッド層上層5cとキャップ層6を成膜し、ストライプはストライプメサ構造M_sを上記とする形状となり、電流拡散層7の側面は従来の逆勾配となり、第3クラッド層の成膜以降は従来の同じ工程となる。

【0035】第2の電流拡散層7aと第1クラッド層下層3a、第1クラッド層上層との関係は、従来の電流拡散層7と第2クラッド層3と第3クラッド層8の関係(図17、18)と同じである。光り閉じ込み効果を改善でき、レーザ特性の改善を図ることができた。図14は本発明に係る第1クラッド層内に第2の電流拡散層を有す

るLD素子のレーザ特性のグラフである。電流-光出力特性では発振開始電流は35mA以下、動作電流は45mA以下、電圧-電流特性では動作電圧(V₀)は2.0V以下と良好であった。

【0036】図15は本発明に係る2つの電流拡散層が活性層に対して対称であるLD素子の可干渉性の活性層と電流拡散層との距離依存性を示すグラフである。距離が0.27ないし0.5 μm の範囲内では可干渉性は95%以下であることが判る。図16は本発明に係る2つの電流拡散層が活性層に対して対称であるLD素子の特性温度のクラッド層厚さ依存性を示すグラフである。距離が0.23ないし0.52 μm の範囲内では特性温度は120K以上であることが判る。

【0037】実施例6および7では、第2クラッド層従来の単一ドープ層としたが、実施例1と同様に多層とすることができ、

【0038】

【発明の効果】本発明によれば、第1導電型のGaAs基板の主面上に、第1導電型のAl_{1-x}Ga_xAs (0 $\leq x \leq 1$)の組成のパツファ層、第1導電型のAl_{1-x}Ga_xAs (0 $\leq y \leq x \leq 1$)の組成の第1クラッド層、Al_{1-x}Ga_xAs (0 $\leq y \leq x \leq 1$)の組成の活性層、第2導電型のAl_{1-x}Ga_xAs組成の第2クラッド層、第2導電型のGaAsのキャリア-As組成の第2クラッド層、第2導電型のGaAsのキャリア-As組成の第2クラッド層、第2導電型のAl_{1-x}Ga_xAs (0 $\leq y \leq x \leq 1$)の組成の第1クラッド層、Al_{1-x}Ga_xAs (0 $\leq y \leq x \leq 1$)の組成の第1クラッド層に2つの区域に分割されている電流拡散層、第2導電型のAl_{1-x}Ga_xAs組成の第3クラッド層、第2導電型のGaAsのコンタクト層が順に積層されているAlGaAs系半導体レーザ素子において、前記第1または第2クラッド層のうち導電型のp型であるクラッド層はドーパントの拡散係数は前記活性層から遠ざかるに従って順に大きくするようにしたため、拡散係数の大きいドーパントは活性層に到達せず、活性層内に精度良くp₀接合が形成され、レーザ特性は優れている。またその製造歩留りは高い。

【0039】また、p型クラッド層の厚さおよび活性層に対するAl組成を適正にしたので、レーザ特性の温度変化を小さく、またレーザ光の可干渉性は小さい。そのため、光ビックアップに適している。さらに電流拡散層を2つとし活性層に対して対称構造とすることにより、発振開始電流や動作電流の低いレーザ特性の良好なだけでなく、可干渉性の低いLD素子を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【符号の説明】

【図1】本発明に係る実施例の半導体レーザ素子の断面図
【図2】LD素子のレーザ特性を示すグラフであり、(a)は本発明に係るLD素子の場合、(b)は従来のLD素子の場合
【図3】第1導電型のクラッド層、活性層および第2導電型のクラッド層における不純物分布を示すグラフであ

11

り、(a) 本発明に係るLD素子の場合、(b) は従来のLD素子の場合

【図4】本発明に係る製造方法におけるV/IH比に対するキャリア濃度のグラフ

【図5】本発明に係る他の実施例のLD素子のレーザ特性を示すグラフ

【図6】本発明に係るLD素子の可干渉性(a)の第2クラッド層の厚さ依存性を示すグラフ

【図7】本発明に係る第2クラッド層厚さ400nmのLD素子のレーザ特性のグラフ

【図8】本発明に係るLD素子の特性温度(T_0)の第2クラッド層と活性層のAl組成量依存性を示すグラフ

【図9】本発明に係る $\Delta X=0.57$ のLD素子のレーザ特性のグラフ

【図10】本発明に係る第2の電流依存層を有するLD素子の第2の電流依存層付近の断面図

【図11】本発明に係る第2の電流依存層を有するLD素子のレーザ特性のグラフ

【図12】本発明に係る2つの電流依存層が活性層に対して対称であるLD素子の断面図

【図13】本発明に係るメサ構造を得るための製造工程を示す断面図であり、(a)はストライプ状のマスク形成後、(b)はメサエッチング後、(c)は第3クラッド層形成後

【図14】本発明に係る第1クラッド層内に第2の電流依存層を有するLD素子のレーザ特性のグラフ

【図15】本発明に係る2つの電流依存層が活性層に対して対称であるLD素子の可干渉性の活性層と電流依存層との距離依存性を示すグラフ

【図16】本発明に係る2つの電流依存層が活性層に対

12

して対称であるLD素子の特性温度の活性層と電流依存層との距離依存性を示すグラフ

【図17】従来のLD素子のへき断面に平行な断面図

【図18】従来のLD素子の主な製造工程後のウェハの1素子分を示すへき断面図であり、(a)は酸化ケイ素層のパターニング工程後、(b)は電流依存層の選択エッチング工程後、(c)は電極用金属膜形成後

【符号の説明】

1 GaAs基板

2 パッド層

3 第1クラッド層

3a 第1クラッド下層

3b 第1クラッド上層

4 活性層

5 第2クラッド層

5a 第2クラッド下層

5b 第2クラッド中層

5c 第2クラッド上層

6 キャップ層

7 電流依存層

7a 第2の電流依存層

M マスク

9 第3クラッド層

10 コンタクト層

11 p側電極

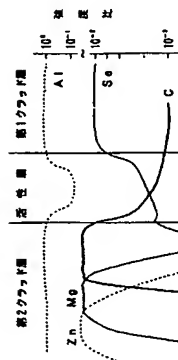
12 n側電極

13 拡散防止層

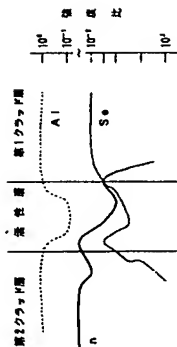
14 拡散防止層

E s エッチングストップ層

【図3】

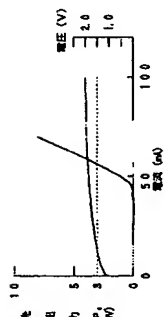


(a)

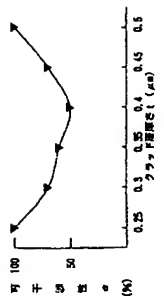


(b)

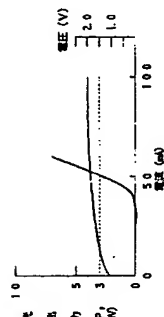
【図5】



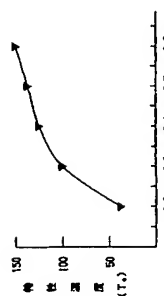
【図6】



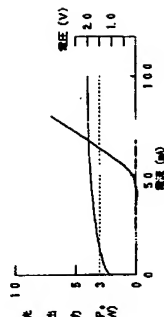
【図7】



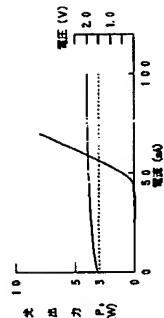
【図8】



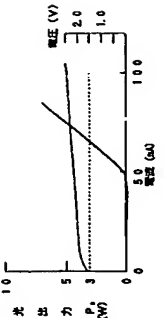
【図9】



【図2】

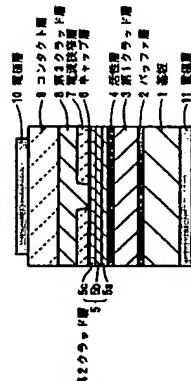


(a)

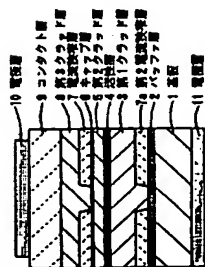


(b)

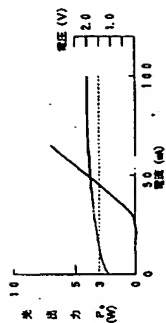
【図1】



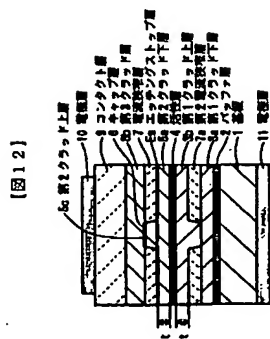
【図10】



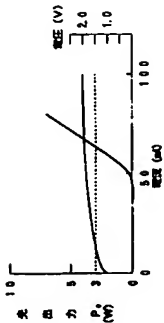
【図11】



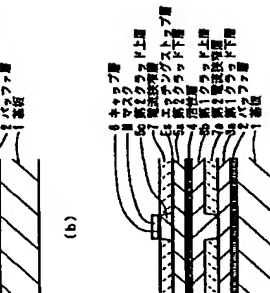
【図12】



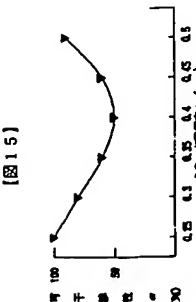
【図13】



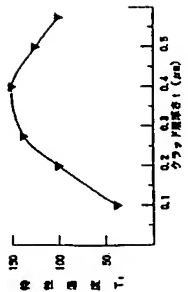
【図14】



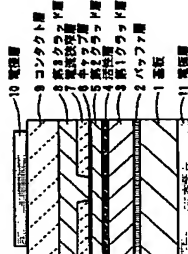
【図15】



【図16】



【図17】



【図18】

